

REC'D 03 APR 2000

WIPO

PCT

# 대한민국 특허청

## KOREAN INDUSTRIAL PROPERTY OFFICE

KR00/00228

234

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Industrial  
Property Office.

출원번호 : 특허출원 1999년 제27168호  
Application Number

출원년월일 : 1999년 07월 07일  
Date of Application

출원인 : 한국과학기술연구원  
Applicant(s)

### PRIORITY DOCUMENT

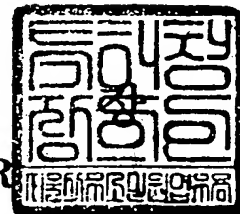
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



2000 년 03월 17 일

특 허 청

COMMISSIONER



**【서류명】** 특허출원서  
**【권리구분】** 특허  
**【수신처】** 특허청장  
**【참조번호】** 1228  
**【제출일자】** 1999.07.07  
**【국제특허분류】** C02F

**【발명의 명칭】** 폐수 및 폐수처리용 활성슬러지를 사용한 생물연료전지  
**【발명의 영문명칭】** A Biofuel Cell Using Wastewater and Activated Sludge for Wastewater Treatment

**【출원인】**

**【명칭】** 한국과학기술연구원  
**【출원인코드】** 3-1998-007751-8

**【대리인】**

**【성명】** 주성민  
**【대리인코드】** 9-1998-000517-7  
**【포괄위임등록번호】** 1999-023588-9

**【대리인】**

**【성명】** 장수길  
**【대리인코드】** 9-1998-000482-8  
**【포괄위임등록번호】** 1999-023587-1

**【발명자】**

**【성명의 국문표기】** 김 병홍  
**【성명의 영문표기】** KIM, Byung-Hong  
**【주민등록번호】** 450406-1025014  
**【우편번호】** 130-080  
**【주소】** 서울특별시 동대문구 이문동 264-440 삼익주택 30호  
**【국적】** KR

**【발명자】**

**【성명의 국문표기】** 장 인섭  
**【성명의 영문표기】** CHANG, In-Seop  
**【주민등록번호】** 670322-1046120  
**【우편번호】** 138-222  
**【주소】** 서울특별시 송파구 잠실2동 주공아파트 2단지 204-106호  
**【국적】** KR



## 【발명자】

【성명의 국문표기】 현 문식  
 【성명의 영문표기】 HYUN, Moon-Sik  
 【주민등록번호】 570915-1953118  
 【우편번호】 138-747  
 【주소】 서울특별시 송파구 가락2동 가락 쌍용아파트 303-2403호  
 【국적】 KR

## 【발명자】

【성명의 국문표기】 김 형주  
 【성명의 영문표기】 KIM, Hyung-Joo  
 【주민등록번호】 631012-1051141  
 【우편번호】 135-260  
 【주소】 서울특별시 강남구 포이동 242-2 현대탐빌라 103호  
 【국적】 KR

## 【발명자】

【성명의 국문표기】 박 형수  
 【성명의 영문표기】 PARK, Hyung-Soo  
 【주민등록번호】 671004-1480910  
 【우편번호】 139-754  
 【주소】 서울특별시 노원구 상계7동 주공아파트 407동 1502호  
 【국적】 KR

## 【심사청구】

청구

## 【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인  
 주성민 (인) 대리인  
 장수길 (인)

## 【수수료】

【기본출원료】	20 면	29,000 원
【가산출원료】	0 면	0 원
【우선권주장료】	0 건	0 원
【심사청구료】	4 항	237,000 원
【합계】		266,000 원

## 【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)\_1통

**【요약서】****【요약】**

본 발명은 폐수를 연료로 한 생물 연료전지를 제공한다. 본 발명에 사용되는 폐수와 활성 슬러지내의 전기화학적 활성 미생물은 폐수내의 유기물을 산화하여 발생하는 전자를 세포 외부로 방출하여 직접적으로 전극에 전달하여 전류를 발생시키며, 폐수를 정화시킬 수 있다. 본 발명에 따른 전기화학적 활성을 지닌 세균을 이용한 생물연료전지에서 발생하는 전류는 최대 0.22 mA의 전기 에너지를 발생하였고, 연료로 사용한 폐수의 CODcr을 최대 1900 ppm에서 55 ppm까지 감소시켰다. 연료전지의 효율은 폐수 종류와 폐수 농도에 따라 차이가 있었다.

**【대표도】**

도 1

**【색인어】**

생물 연료전지, 폐수처리, 전기화학적 활성 세균



## 【명세서】

## 【발명의 명칭】

폐수 및 폐수처리용 활성슬러지를 사용한 생물연료전지 {A Biofuel Cell Using Wastewater and Activated Sludge for Wastewater Treatment}

---

## 【도면의 간단한 설명】

도 1은 흑연 부직포를 전극으로 사용하고, 양극과 음극 및 이들을 분리하는 양이온 교환막으로 이루어지는 본 발명에 따른 생물연료전지의 개략도.

도 2는 본 발명에 따른 생물연료전지에서 전분 폐수와 호기성 슬러지를 이용한 결과 발생하는 전류, 쿨롬 및 COD의 감소를 나타내는 그래프.

도 3은 본 발명에 따른 생물연료전지에서 전분 폐수와 혐기성 슬러지를 이용한 결과 발생하는 전류, 쿨롬 및 COD의 감소를 나타내는 그래프.

도 4는 본 발명에 따른 생물연료전지에서 축산 폐수와 혐기성 슬러지를 이용한 결과 발생하는 전류, 쿨롬 및 COD의 감소를 나타내는 그래프.

도 5는 본 발명에 따른 생물연료전지에서 정화조 폐수와 혐기성 슬러지를 이용한 결과 발생하는 전류, 쿨롬 및 COD의 감소를 나타내는 그래프.

도 6은 본 발명에 따른 생물연료 전지에 사용하기 전의 전극표면과 사용후에 부착된 전기 화학적 활성을 지닌 미생물의 주사 전자현미경 사진.

## 【발명의 상세한 설명】

## 【발명의 목적】

## 【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

- <7> 본 발명은 폐수를 이용한 생물 연료전지에 관한 것이다. 더욱 구체적으로는, 본 발명은 유기물을 함유하는 폐수를 처리하면서 전기를 생산할 수 있는 유기물을 연료로 이용하는 생물연료전지에 관한 것으로서, 폐수 내의 유기물이 미생물에 의해 대사될 때 발생하는 환원력을 전기 에너지로 직접 전환시킬 수 있는 생물 연료전지에 관한 것이다.
- <8> 생물 연료전지는 생물 또는 그의 일부를 사용하여 생물의 에너지 대사에서 발생하는 환원력을 전기에너지로 전환시키는 장치로서, 미생물 연료전지에서는 촉매로서 작용하는 미생물이 기질을 산화시킬 때 발생하는 환원력을 전기 에너지로 전환시키기 위해서는 에너지 대사에서 발생하는 전자가 미생물로부터 전극으로 전달되어야 한다. 그러나, 미생물을 포함하는 대부분의 생물 세포는 비전도체인 지질막으로 싸여 있어 미생물과 전극간의 직접적인 전자 교환이 이루어질 수 없다. 따라서, 미생물 균체를 촉매로 사용할 때에는 적당한 전자 전달 매개체를 사용함으로써 생물과 전극간의 전자 전달이 쉽게 이루어지도록 하여야 한다. 따라서, 산화형과 환원형이 모두 친유성이 강해 쉽게 막을 통과할 수 있는 전자전달체를 매개체로 사용하였다.
- <9> 특히, 롤러(Roller)등이 프로테우스 불가리스 (*Proteus vulgaris*), 대장균 (*Escherichia coli*), 알칼리제네스 유트로퍼스 (*Alcaligenes eutrophus*), 아조토박터 크로오코쿰 (*Azotobacter chroococum*), 바실러스 서브틸리스 (*Bacillus subtilis*) 등을 사용하고, 전자 전달 매개체로서 티오닌(thionine), 메틸렌 블루 (methylene blue), 브릴



리언트 크레실 블루 (briliant cresyl blue), 벤질 비올로젠 (benzyl viologen)등을 생물 연료전지에 사용한 예를 들 수 있다. 생물 연료전지에서, 산소 소비량으로 비교한 생물 연료전지의 효율은 세균과 전자 전달 매개체의 종류에 따라 큰 차이가 있었다 [참조: Roller 등., 1984, Journal of Chemical Technology and Biotechnology 34B: 3-12].

<10> 베네토 (Bennetto) 등은 설탕을 연료로 사용하고, 프로테우스 (*Proteus*) 속 세균을 촉매로, 티오닌을 전자 전달 매개체로 사용한 연료전지를 구성하여 최고 44 C (Coulomb)의 전류를 생산하였다 [참조: Bennetto 등., 1985, Biotechnology letters, 7:699-704]. 로빈(Robin) 등은 생물 촉매로서 프로테우스 불가리스 (*Proteus vulgaris*), 전자 전달 매개체로서 하이드록시-1,4-나프토퀴논 (2-hydroxy-1,4-naphthoquinone: HNQ), 연료로 포도당을 사용하여 0.5 mA, 0.7V의 기전력을 갖는 생물 연료전지를 구성하였다 [참조: Robin 등., 1993, Applied Biochemistry and Biotechnology 30/40:27-40]. 또한, 하버만과 포머(Harberman and Pommer)도 산화 코발트, 몰리브덴/바나듐 합금 등을 전극으로 사용하고, 폐수 중 황산염 환원 세균이 생산하는 황화수소를 연료로 이용하는 연료전지를 구성하여  $\text{cm}^2$  당 150 mA ( $150 \text{ mA}/\text{cm}^2$ )의 전류를 생산하였다고 보고하였다 [참조: Harbermann and Pommer, 1991, Applied Microbiology and Biotechnology 33: 128-133].

<11> 최근에 금속염인 제2철 이온, 4가 망간, 6가 우라늄, 6가 몰리브덴 등을 전자수용체로 이용하는 혐기성 세균이 분리되고 있다. 이러한 금속염 환원 세균이 기질로 이용할 수 있는 물질은 젖산, 피루브산, 아세트산, 프로피온산, 발레르산, 알코올등의 지방족 화합물과 톨루엔, 페놀, 크레졸, 벤조산, 벤질알코올, 벤지알데

히드 등의 방향족 화합물 등이다 [참조: Lovley and Klug, 1990, Appilied and Environmental Microbiology 556: 1858-1864]. 혐기성 세균은 에너지 대사의 특성에 따라 발효 세균과 호흡 세균으로 분류된다. 발효 세균은 당, 단백질 등을 유기산으로 분해하고, 호흡세균은 적당한 전자 수용체의 환원반응을 이용하여 발효 산물을 완전히 산화한다. 혐기성 호흡 세균이 유기물을 산화시킬 때 이용할 수 있는 전자 수용체는 산화제이철 [Fe(III)], 질산염, 이산화망간, 황산염, 탄산염 등이 있으며, 동일한 전자공여체의 산화 반응에서 발생된 환원력에 의해 가장 많은 에너지가 생산되는 경우는 산화제이철이 환원될 때로서 질산염, 황산염, 탄산염의 순으로 낮아진다고 알려져있다 [참조: 김병홍, 미생물생리학, 아카데미서적, 1995].

<12> 철환원 세균은 전자수용체로 이용하는 제이철 화합물이 물에 대한 용해도가 매우 낮아 혐기성 상태에서 배양하면 세포 외막에 사이토크롬의 65% 정도가 배치되어 세포 안에서 유기물의 산화로 발생된 환원력을 세포 밖으로 운반하여 제이철 이온을 세포 밖에서 환원하는 것으로 알려져 있다 [참조: Myers and Myers, 1992, Journal of Bacteriology 174: 3429-3438]. 또한, 철환원세균인 *시와넬라 푸트레파시엔스* (*Shewanella putrefaciens*) IR-1은 전자 공여체로 젖산 또는 수소를 공급하여 전자 전달 매개체없이 전류를 발생할 수 있다는 것도 보고되었다 [참조: Park 등., 1996, Abstract, I&EC Special Symp., Sept.: 16-19].

<13> 한편, 폐수 처리장으로 유입되는 폐수는 높은 농도의 철을 함유할 수 있으며, 더욱이, 인 (phosphorus) 제거제로 수산화제이철 (Ferric hydroxide)이 사용되기 때문에 폐수처리장치에는 철이 비교적 높은 농도로 존재하게 된다 [참조:



Ledecke 등., 1989, Water Science and Technology 21: 325-337]. 따라서, 제이철 환원 세균은 폐수처리시설의 대부분의 활성 슬러지에 존재하며 [참조: Nielsen 등., 1996, Water Science and Technology 34: 129-136], 활성슬러지의 미생물에 의한 제이철 환원은 슬러지의 혐기적 저장 상태에서 발생하고, 철환원 세균이 많이 존재한다고 보고한 바 있다 [참조: Rasmussen 등., 1994, Water Research 28: 417-425].

<14> 위의 사실을 근거로, 활성 슬러지나 폐수 등에 존재하는 다양한 미생물을 음극부위에서 혐기적으로 배양하면 배지 성분의 전자수용체 대신 일정한 전위를 갖는 전극을 전자수용체로 사용할 수 있는 미생물만이 최종적으로 생존 할 수 있게된다. 따라서, 이러한 방법에 의하여 폐수나 활성 슬러지등에 존재하는 여러종의 미생물 중 전기화학적 활성을 지닌 균을 선택적으로 농화 배양 할 수 있으며, 여러 종류의 폐수 속에 존재하는 고유의 전기화학적으로 활성을 갖는 각각의 미생물 종을 분리할 수 있다.

#### 【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<15> 본 발명의 목적은 전자 전달 매개체를 사용하지 않고 다양한 폐수와 슬러지를 이용하여 효율적인 전극 반응을 수행함으로써 폐수를 정화하면서 동시에 전기를 생산할 수 있는 생물연료전지를 제공하는 것이다.

<16> 또한, 본 발명의 목적은 폐수와 활성 슬러지내의 전기화학적 활성을 가진 미생물을 이용하여 전류를 발생시키고, 이를 이용하여 폐수를 처리하는 방법을 제공하는 것이다.

<17> 상기 본 발명의 목적은 양극과 음극, 이들 양극 및 음극의 전도 매체, 이들 두 극 사이의 이온 교환막으로 이루어지는 생물 연료전지에서, 음극 부위에 폐수 및 활성슬러지가 포함되는 것을 특징으로 하는 생물연료전지에 의하여 달성될 수 있다.

**【발명의 구성 및 작용】**

- <18> 본 발명에 따른 생물 연료전지는 양극과 음극, 이들 양극 및 음극의 전도 매체, 이들 두 극 사이의 이온 교환막으로 이루어지며, 상기 음극 부위에는 폐수 및 활성 슬러지가 포함된다.
- 
- <19> 상기 설명한 것처럼, 본 발명에 따른 생물 연료전지의 폐수 및 활성 슬러지에 포함된 미생물 중에서 전기화학적으로 활성을 갖는 미생물 종이 일정한 전위를 갖는 전극을 전자수용체로 사용하여 생장하게 됨으로써 농화 배양되게 된다. 따라서, 본 발명에 따른 생물 연료전지는 상기 농화 배양된 미생물을 촉매로 하고, 폐수 속에 존재하는 유기물을 연료로 하여 작동하게 된다.
- <20> 도 1은 본 발명에 따른 생물 연료전지의 구조를 나타내는 개략도이다.
- <21> 생물 연료전지의 양극 및 음극으로는 흑연전극의 일종인 흑연 부직포 (graphite felt)가 사용될 수 있으며, 또한, 연료전지 자체의 저항을 극소화시키기 위해 양이온 교환막을 사용할 수 있다. 양극의 전도 매체로는 완충액이 사용되는데 pH 7.0으로 조정된 50 mM 인산염 완충액을 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 양극은 공기를 연속적으로 주입하여 포화상태로 유지하고, 음극은 가스오븐을 통과시켜서 산소를 완전히 제거한 질소를 주입함으로써 혐기성 상태를 유지하였다.
- <22> 상기와 같은 혐기적 조건에 의해 폐수 및 활성 슬러지에 존재하는 세균중 전극을 전자수용체로 사용할 수 있는 미생물만이 최종적으로 생존할 수 있게 되므로써 전기화학적으로 활성인 세균만을 선택적으로 농화 배양할 수 있고, 농화 배양된 미생물 종을 생물 연료전지의 미생물 촉매로 사용함으로써, 폐수 속에 존재하는 각종의 유기물들을 상

기 미생물들이 대사하고, 이로인해 발생하는 환원력을 전극과의 반응에 이용하여 전력을 발생시킬 수 있다. 또한, 이러한 폐수 속의 유기물들이 농화배양된 미생물들에 의하여 대사됨으로써, 폐수 중의 유기물 농도가 감소하게되어 폐수 처리 효과를 달성할 수 있다

<23> 바람직하게는, 본 발명에 따른 생물연료 전지에서 음극 부위에 전분폐수와 혐기성 슬러지를 사용하고, 양극 부위에 전분 폐수와 호기성 슬러지를 구성할 수 있다. 혐기 상태를 유지하는 음극 부위에서는 농화배양된 전기화학 활성 세균이 폐수 내의 유기물을 연료로 이용하면서 전류를 생성하고, 발생한 양이온은 음극과 양극을 구분하는 양이온 교환막을 통과하여, 양극으로 이동하여 산소로 포화된 양극부위에서 물로 전환되어 계속적인 전류 생성이 가능하게 된다. 이때, 양극의 폐수 성분은 호기성 미생물들에 의하여 유기물들을 대사됨으로써 COD가 감소될 수 있다. 따라서, 이러한 방법에 의하여 음극과 양극 모든 부위의 폐수를 동시에 처리할 수 있다.

<24> 이하, 본 발명은 하기 실시예에 의하여 더욱 자세하게 설명되나, 이에 제한되는 것은 아니다.

<25> <실시예 1>

<26> 본 실시예에서는 본 발명에 따른 생물 연료 전지에서, 폐수 중에 존재하는 미생물 중, 철을 전자수용체로 이용하는 미생물의 군체수의 변화를 측정하였다. 배지는 인산염 완충액 기본배지 (PBBM)를 사용하였으며, 배지성분은 효모 추출물 1 g/L, 염화암모늄 1 g/L, Macro-mineral (II) 25 mL/L (1 L 당 6 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 12 g  $\text{NaCl}$ , 2.4 g  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 1.6 g  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  포함), 미량원소 2 mL/L (12.8 g 니트로아세트산, 0.1 g  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 0.1 g  $\text{MnCl}$

2·4H<sub>2</sub>O, 0.17 g CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, 0.1 g CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O, 0.1 g ZnCl<sub>2</sub>, 0.02 g CuCl<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O, 0.01 g H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, 0.01 g 몰리브덴염, 1.0 g NaCl, 0.017 g Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>, 0.026 g NiSO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O), 비타민액 0.1 ml/L (0.002 g 비오틴, 0.002 g 엽산, 0.010 g B<sub>6</sub>(피리독신) HCl, 0.005 g B<sub>1</sub>(티아민) HCl, 0.005 g B<sub>2</sub>(리보플라빈), 0.005 g 니코틴산(니아신), 0.005 g 판토텐산,

0.0001 g B<sub>12</sub> (시아노코발라민) 결정, 0.005 g PABA, 0.005 g 리폰산 (티옥트산), 레사주린 (0.2 %) 1 ml/L와 한천을 1.8 % 첨가하여 평판 배지를 제조하였다.

<27> 전자공여체로 아세트산 20 mM, 젖산 30 mM, 포도당 20 mM을 사용하였으며, 전자수용체로 수용성 철인 페릭 피로포스페이트 (Ferric pyrophosphate) 20 mM을 사용하였다. 1차 시기는 반응 초기 연료전지의 호기성 슬러지와 혐기성 슬러지의 시료를 생리식염수 (0.8 % 소금물)로 희석하여 CFU (Colony Forming Unit/ml)를 측정하였고, 2차와 3차 시기는 반응후 각각 1개월후 동일한 배지와 방법으로 측정하여 그 결과를 하기 표 1에 나타내었다.

<28> 【표 1】

연료전지의 균체수 변화

시료	전자공여체 (mM)	전자수용체(mM)	1차	2차	3차
호기성슬러지	아세트산(20)	페릭 피로포스페이트(20)	$2.8 \times 10^7$	$0.9 \times 10^4$	$5.1 \times 10^3$
	포도당(20)	페릭 피로포스페이트(20)	$8.0 \times 10^7$	$1.3 \times 10^5$	$4.2 \times 10^4$
	젖산(30)	페릭 피로포스페이트(30)	$6.4 \times 10^7$	$1.1 \times 10^5$	$4.1 \times 10^4$
혐기성 슬러지	아세트산(20)	페릭 피로포스페이트(20)	$3.6 \times 10^5$	$5.4 \times 10^5$	$1.5 \times 10^5$
	포도당(20)	페릭 피로포스페이트(20)	$2.1 \times 10^5$	$8.4 \times 10^5$	$1.4 \times 10^5$
	젖산(30)	페릭 피로포스페이트(20)	$1.7 \times 10^5$	$1.5 \times 10^5$	$2.3 \times 10^5$

<29> 상기 표 1에서 알 수 있는 바와 같이, 호기성 슬러지 시료는 연료전지의 음극 부위를 혐기성 상태로 만들어주므로 통성 혐기성 균주외에는 선별되면서 계속 감소하여 전기

화학적 활성을 가진 미생물만 농화배양되는 것으로 판단되며, 혐기성 슬러지 시료는 2차 시기에서 혐기성세균이 증가하다가 3차 시기에는 감소하여 전기화학적 활성을 가진 특정 미생물만 농화배양 되었다.

### <30> <실시예 2>

<31> 본 실시예는 본 발명에 사용한 전분폐수 (출처: 삼양제넥스, 대한민국 인천 소재)와 호기성 슬러지 (출처: 삼양제넥스공장의 전분폐수처리용 슬러지, 대한민국 인천 소재)을 이용한 생물연료전지의 특성을 살펴보기 위한 것이다. 양극과 음극의 전극으로서 350 mg의 흑연부직포를 사용하였다. 양극의 전도 매체로는 50 mM 인산염 완충액을 사용하였고, 양극과 음극은 양이온 교환막을 사용하여 연결하였다. 양극의 전도 매체에는 공기를 연속적으로 주입하여 산소 포화 상태를 유지하였으며, 음극은 가스 정제 오븐을 통과시켜 산소를 완전히 제거시킨 질소를 주입하여 용존산소를 제거함으로써 혐기적 환경을 유지하였다. 시험에 사용된 모든 완충액의 pH는 7.0으로 조정하였다. 연료전지의 저항은 반응초기에 무한대로 두었고, 전압이 최대치에 이르러서는 1 k $\Omega$ 에서 생산되는 전류를 측정하였다. 생물 연료전지는 호기성 슬러지와 전분 폐수를 1:4 비율로 혼합하여 사용하였으며, 총 반응량은 25 mL로 하였다. 폐수 공급은 미생물의 폐수내 유기물을 이용하여 전류발생이 감소된 후 5 mL를 치환하였다. 전압 발생량은 포텐셜스타트미터 (2000 multimeter, Keithley Instrument, Inc, USA)를 사용하여 120초 간격으로 측정하였다. 전류 생성량은 측정된 전압을 저항 (1k $\Omega$ )으로 나누어 환산하였다. 폐수의 화학적 산소 요구량 (COD)은 표준방법 (참조: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, Closed Reflux Method, 19판, 1995)을 사용하여 분석하였다. 도 2에서 보는 바와 같이, 전류가 0.21 mA까지 발생하였고, 쿨롬량은 26.5 C (coulomb)까

지 증가하였으며, 화학적 산소 요구량이 1100 ppm에서 58 ppm으로 감소하였다. 이 실험을 통해 폐수의 기질이 산화될 때 발생하는 환원력이 전자수용체 대신 직접 전극을 통해 소비되어 전류를 발생시키며, 전분 폐수를 정화시킬 수 있다는 사실을 확인하였다.

<32> <실시예 3>

<33> 본 실시예에서는 전분 폐수와 혐기성 슬러지(출처: 삼양제넥스, 대한민국 인천 소재)를 이용한 생물연료전지에서 전류 생산성과 폐수처리를 시험하였다. 연료전지의 조건과 분석은 실시예 1과 동일하였다.

<34> 생물연료전지는 혐기성 슬러지와 전분폐수를 1:4 비율로 혼합하여 사용하였으며, 총 반응량은 25 ml로 하였다. 도 3에서 보는 바와 같이, 전류가 0.22 mA까지 발생하였고, 쿨롬량은 26.7 C (Coulumb)까지 증가하였으며, 화학적 산소 요구량이 1,940 ppm에서 55 ppm으로 감소하였다. 따라서, 이 실험을 통해 전분폐수내의 기질이 산화될 때 발생하는 환원력이 직접 전극을 통해 소비되어 전류를 발생시키며, 전분폐수를 정화시킬 수 있다는 사실을 확인하였다.

<35> 한편, 본 발명에 따른 생물연료 전지에서 사용 후 전극에서의 미생물 배양 정도를 알아보기 위하여 사용하기 전의 전극표면과 사용 후에 부착된 전기 화학적 활성을 지닌 미생물을 전자 현미경 (S-4100, FE-SEM, Hitachi, Japan)을 사용하여 촬영하여 그 결과를 도 6에 나타내었다. 도 6에 나타낸 바와 같이, 전기화학적 활성을 지닌 미생물이 전극 표면에 부착되어 있음을 확인할 수 있었다.

<36> <실시예 4>

<37> 본 실시예에서는 폐수를 축산폐수 (출처: 안산축산, 대한민국 안산소재)로 대체하

여 사용한 것을 제외하고는 실시예 2와 동일한 방법으로 생물 연료 전지에서의 전류 생산성과 폐수처리를 시험하였다. 연료전지의 조건과 분석은 실시예 1과 동일하였다. 도 4에서 보는 바와 같이, 전류발생량은 0.21 mA까지 발생하였고, 쿨롬량은 12 C (Coulumb)까지 증가하였으며, 화학적 산소요구량은 1,030 ppm에서 350 ppm으로 감소하였다. 이 실험을 통해 축산폐수내의 기질이 산화될 때 발생하는 환원력이 직접 전극에 전달되어 전류를 발생시키고, 축산폐수를 정화시킬 수 있다는 사실을 확인하였다.

#### <38> <실시예 5>

<39> 본 실시예에서는 정화조 폐수 (출처: 한국과학기술연구원 원내 아파트)를 사용한 생물연료전지에서 전류발생량과 폐수처리를 시험하였다. 연료전지의 작동 조건과 분석 방법은 실시예 1과 동일하였다. 도 5에서 보는 바와 같이, 전류발생량은 0.05 mA까지 발생하였고, 쿨롬량은 2.3 C (Coulumb)까지 증가하였으며, 화학적 산소요구량은 680 ppm에서 250 ppm으로 감소하였다. 이 실험을 통해 정화조 폐수내의 기질이 산화될 때 발생하는 환원력이 직접 전극에 전달되어 전류를 발생시키고, 정화조 폐수를 정화시킬 수 있다는 사실을 확인하였다.

#### 【발명의 효과】

<40> 본 발명에 따른 생물 연료전지는 폐수와 슬러지를 이용함으로써 슬러지내의 전기화학적 활성을 지닌 미생물이 폐수내의 기질을 사용하여 에너지 대사에서 발생하는 환원력의 일부는 균체 생산에 이용하고, 나머지는 전극을 전자 수용체로 이용하여 전류를 발생하여 폐수를 정화시킬 수 있다. 따라서, 생물 연료전지의 연료로 다양한 폐수를 이용할 경우, 전기 에너지 생산 및 폐수 처리의 효과를 동시에 얻을 수 있다.

**【특허청구범위】****【청구항 1】**

양극과 음극, 이들 양극 및 음극의 전도 매체 및 이들 두 극 사이의 이온 교환막으로 이루어지며, 음극 부위에 활성 슬러지와 폐수가 함유되어 있는 것을 특징으로 하는 생물 연료전지.

---

**【청구항 2】**

제1항에 있어서, 상기 활성 슬러지 및 폐수는 전분폐수, 축산폐수 및 정화조폐수로 이루어진 군으로 부터 선택되는 것인 생물연료전지.

**【청구항 3】**

제1항에 있어서, 양극 부위에도 슬러지와 폐수가 함유되는 것을 특징으로하는 생물 연료전지.

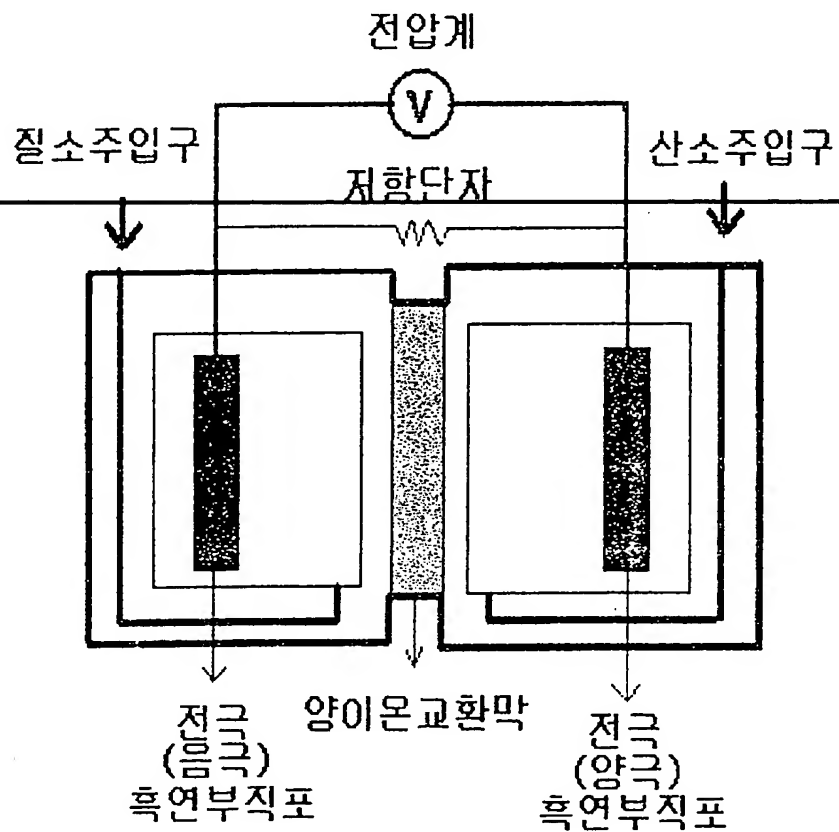
**【청구항 4】**

제1항에 따른 생물 연료전지에서, 음극에는 질소를 주입하여 용존산소를 제거함으로써 혐기적 조건을 만들고, 양극에는 공기를 연속적으로 주입하여 산소 포화상태를 만들어 폐수 및 활성 슬러지에 존재하는 전기화학적 활성 세균을 농화 배양하고, 배양된 활성 세균을 미생물 촉매로 사용하고, 연료로서 폐수 중의 유기물을 이용함으로써 전력을 생산함과 동시에 폐수를 처리하는 방법.

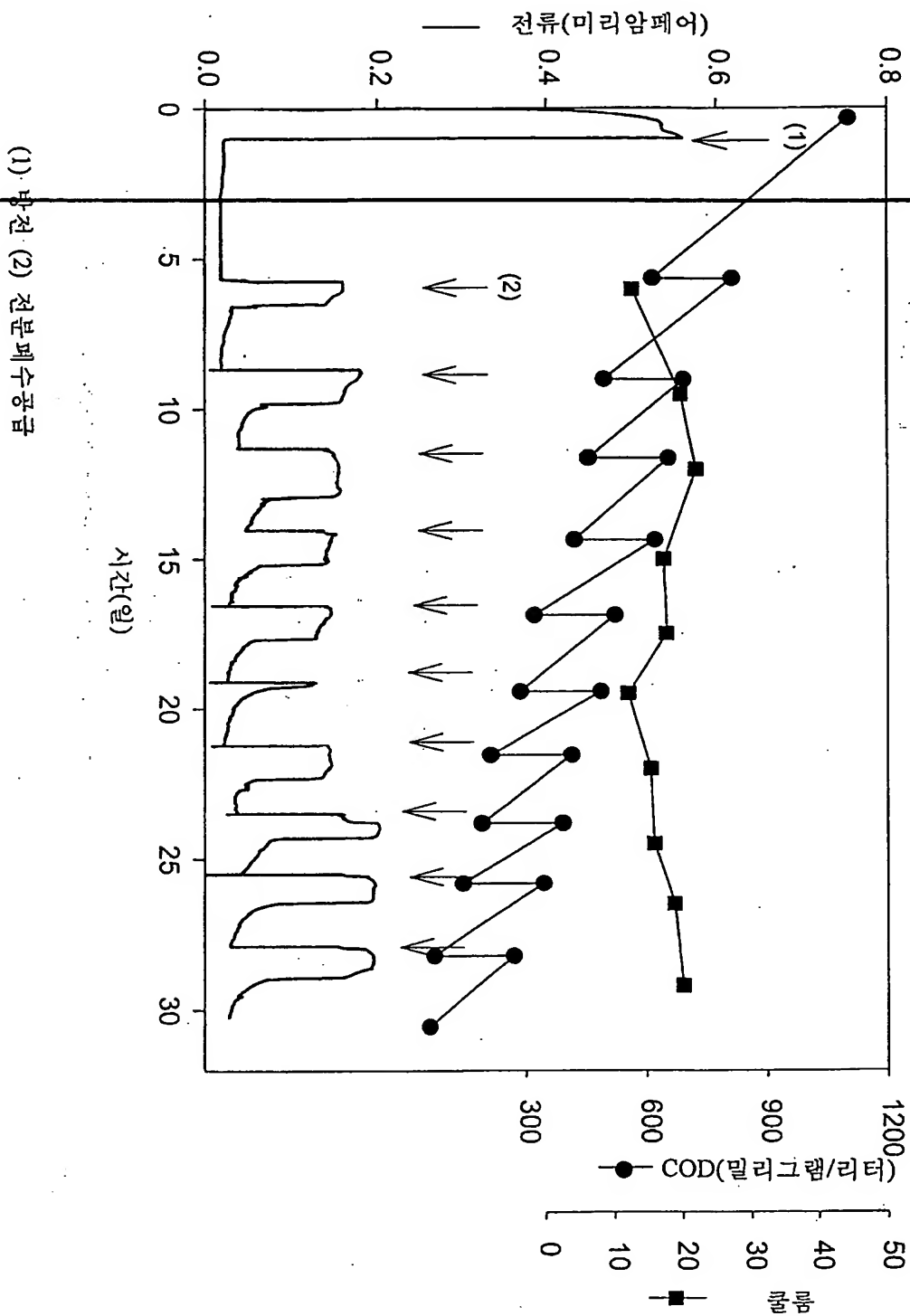


【도면】

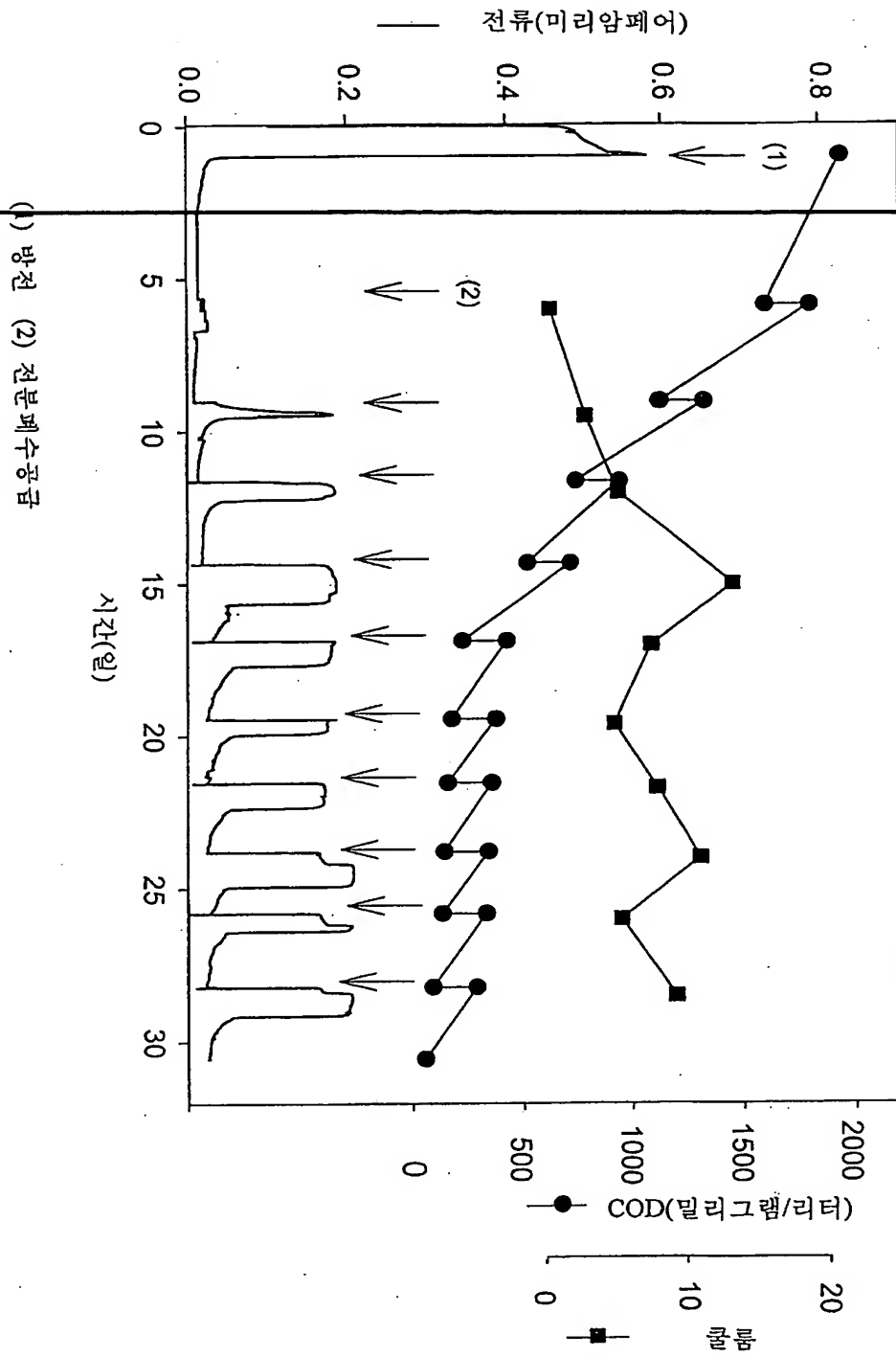
【도 1】



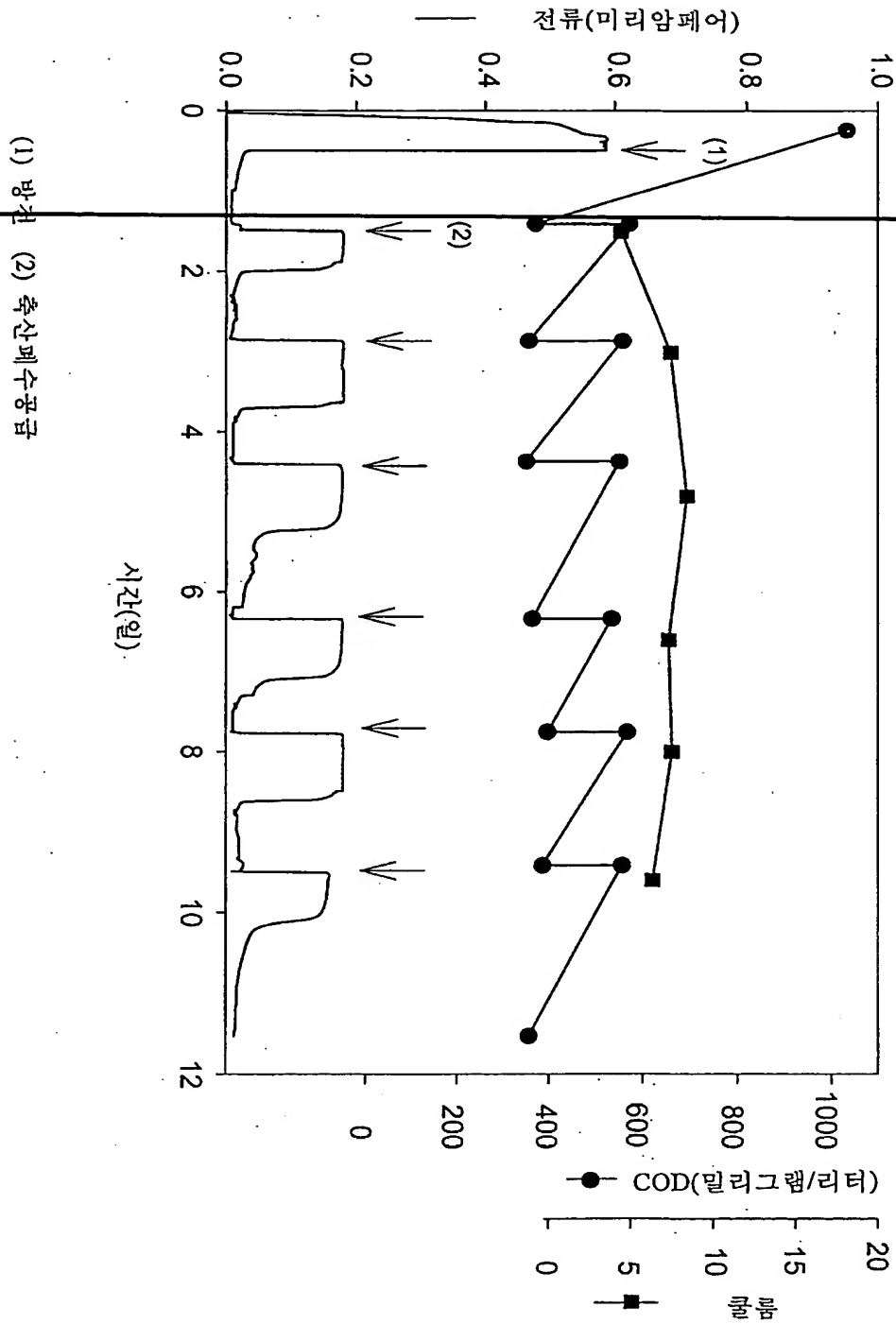
【도 2】



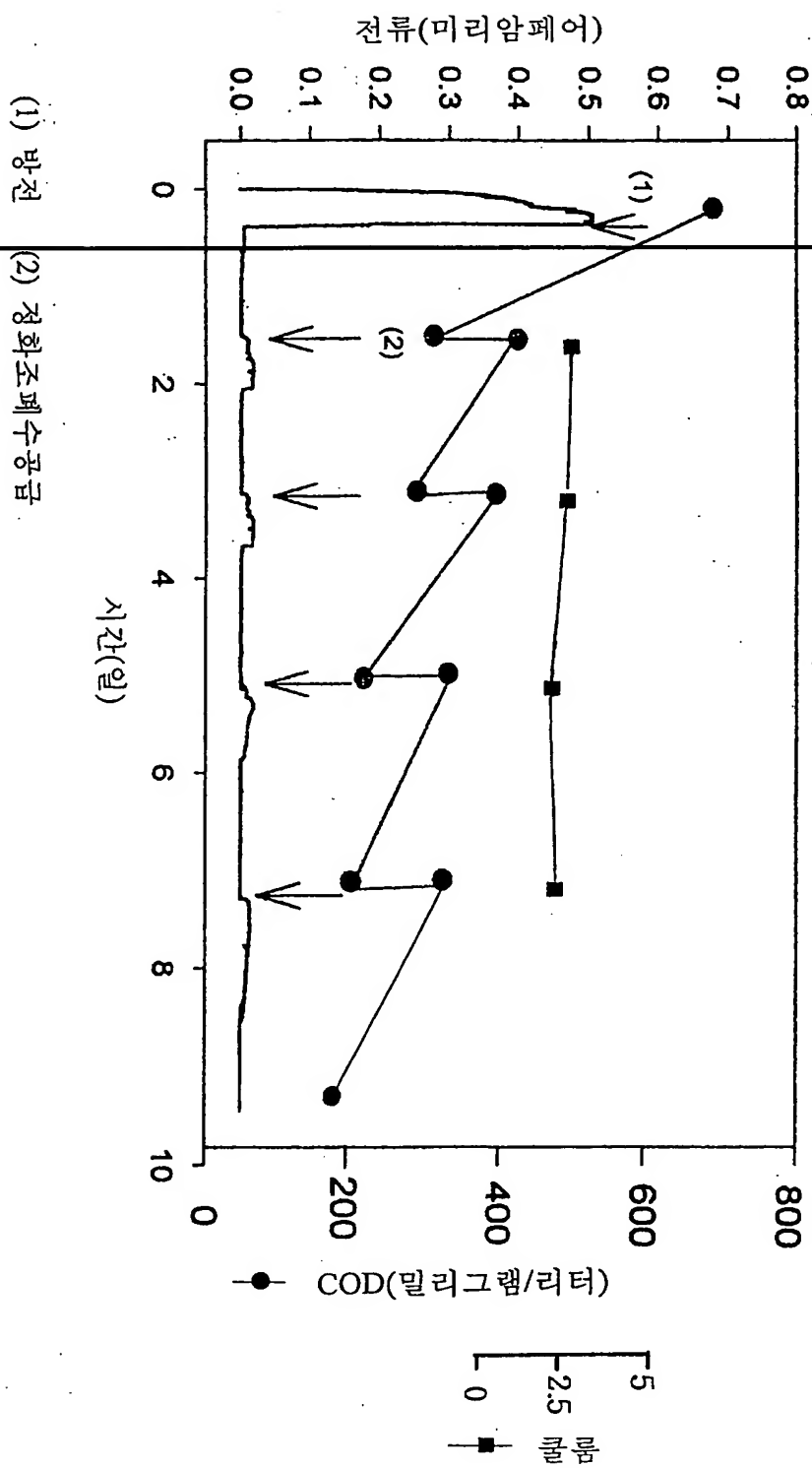
【도 3】



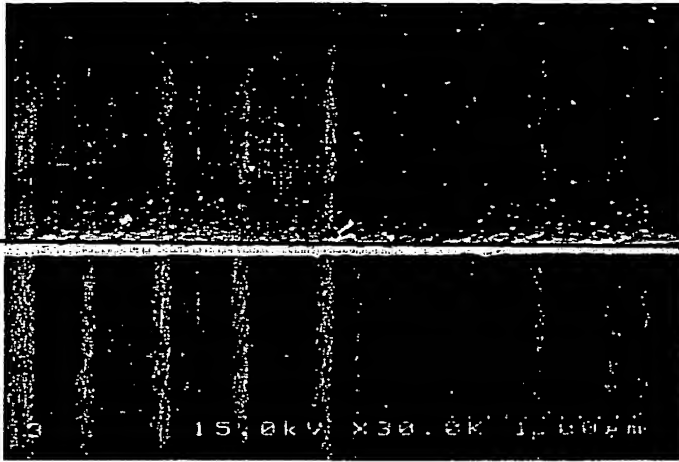
【도 4】



【도 5】



【도 6】



( 사용 전 전극표면의 주사전자현미경 사진)



( 사용 후 전극표면의 주사전자현미경 사진)